

# **Трехфазные цепи переменного тока**

**В 1889 г. Михаил Осипович Доливо-Добровольский (1861 — 1919) впервые предложил к использованию трехфазную систему переменного тока. За два года до этого в 1887 году М. О. Доливо-Добровольский приглашён в фирму AEG (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft), где в 1909 году был назначен директором и проработал в этой должности до конца жизни.**

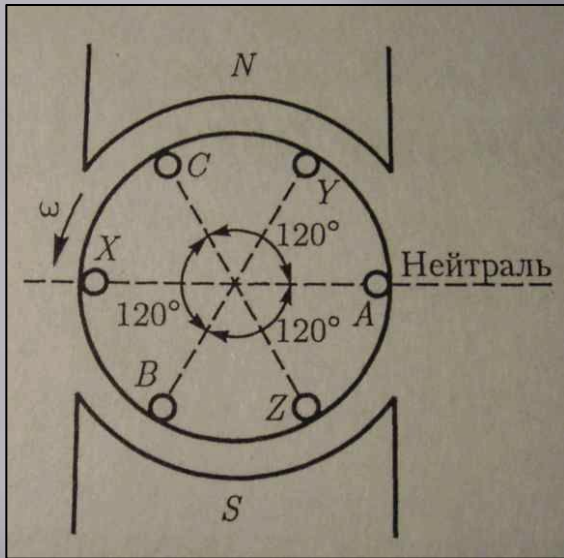


**Трехфазная система переменных величин – совокупность трех переменных величин одинаковой амплитуды и частоты, сдвинутых по фазе друг относительно друга на  $120^\circ$**

Отдельные цепи трехфазной системы называются **фазами**.

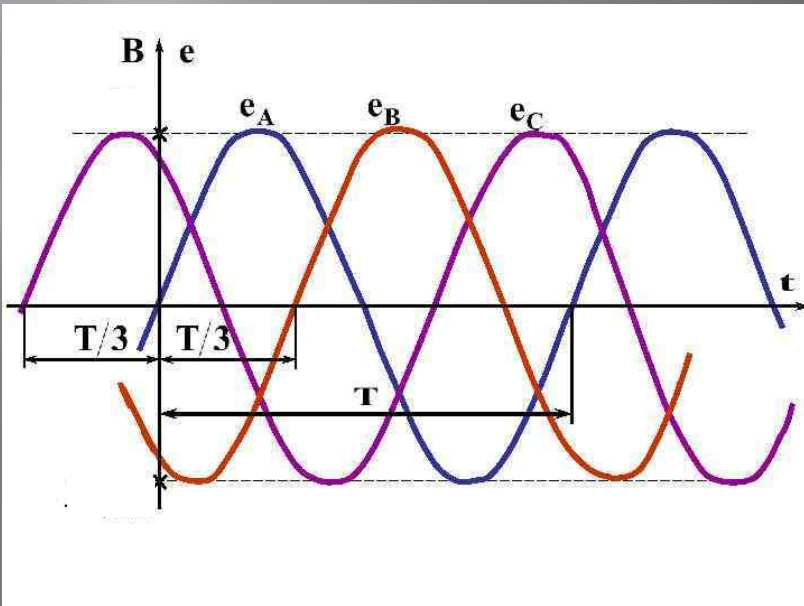
Трехфазную систему электрических цепей, соединенных друг с другом, называют **трехфазной цепью**. Совокупность токов, напряжений или ЭДС, действующих в фазах трехфазной цепи, называется **трехфазной системой токов, напряжений или ЭДС**.

# Получение трехфазной системы эдс:



Трехфазный генератор, в отличие от однофазного, имеет не одну, а три одинаковые обмотки (AX, BY, CZ), оси которых расположены в пространстве под углом  $120^\circ$  ( $2\pi/3$  рад.).

При вращении системы обмоток в магнитном поле в них возникают ЭДС одинаковой амплитуды, сдвинутые по фазе друг относительно друга на одну треть периода ( $2\pi/3$  радиан).

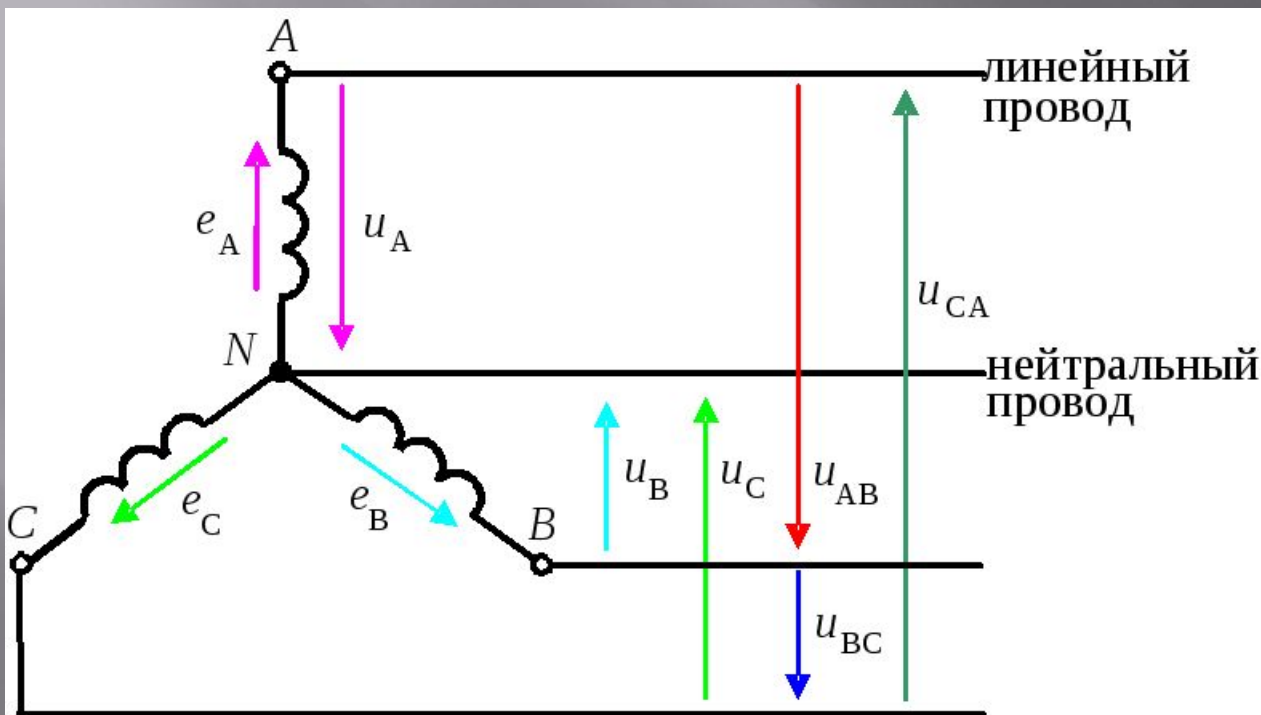


$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

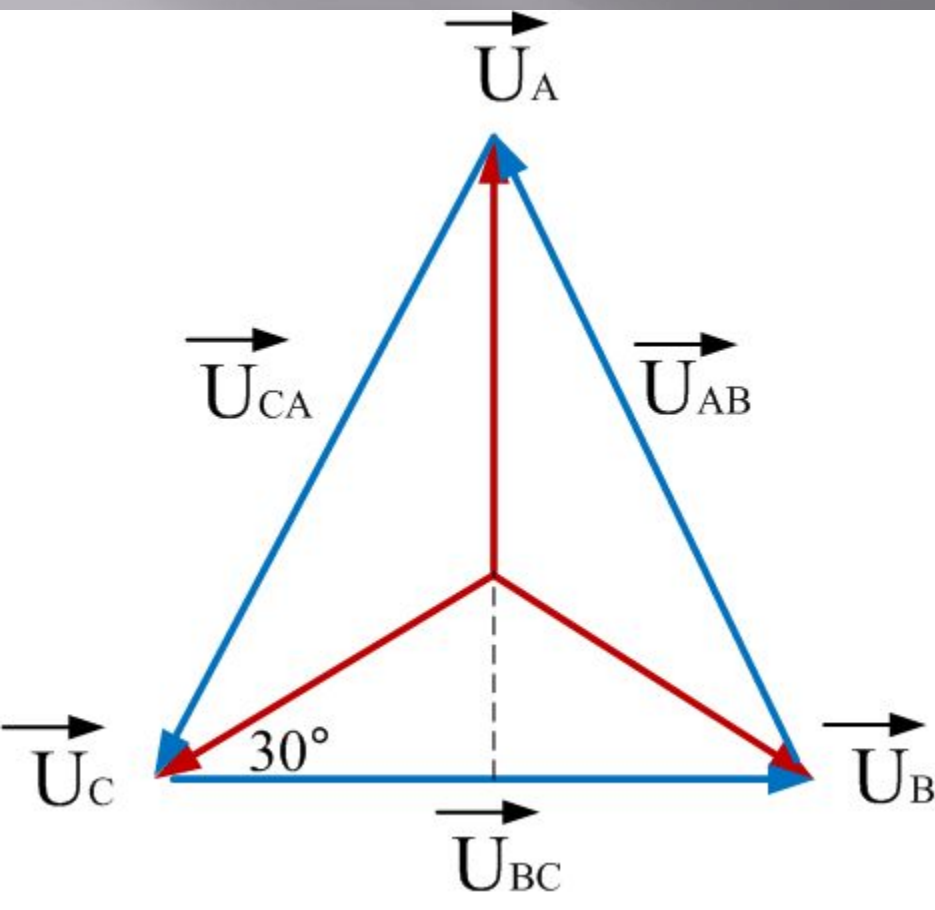
# Существует два способа соединения обмоток трехфазного генератора:

**1) Соединение звездой** – концы обмоток  $x$   $y$   $z$  собраны в нулевую точку. От нее отходит **нулевой** или **нейтральный** провод.

К началам обмоток (**A, B, C**) присоединяются **линейные** провода



Напряжения между началами и концами фаз (между линейным и нулевым проводом) называются **фазными** и обозначаются  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  или в общем виде  $U_\phi$ . Напряжения между началами обмоток (между линейными проводами) называются **линейными** и обозначаются  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  или в общем виде  $U_L$ .



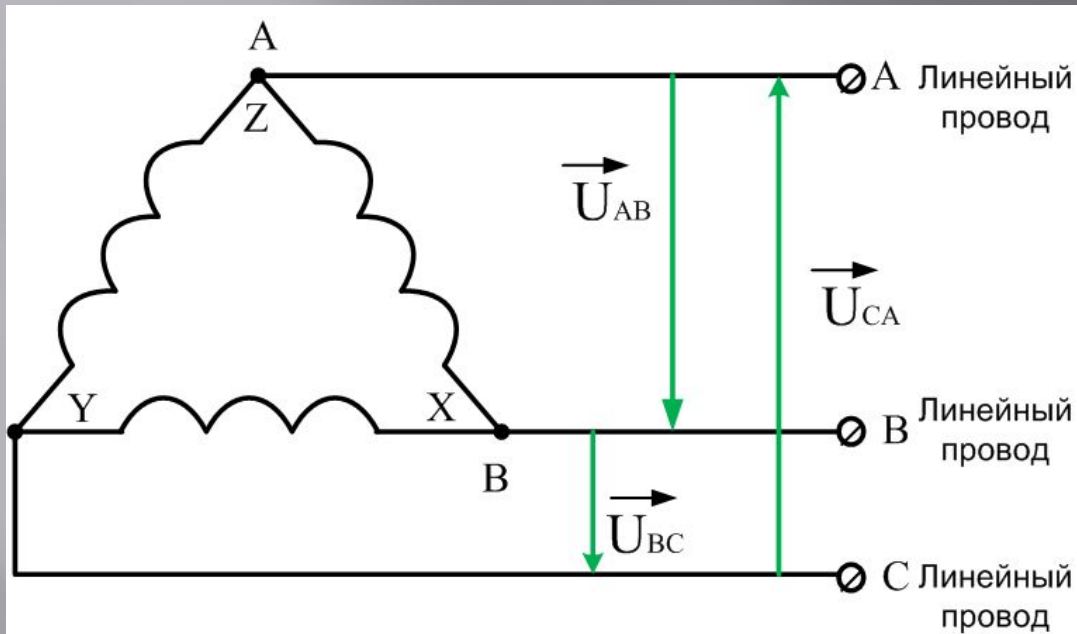
Мгновенное значение каждого линейного напряжения равно алгебраической разности мгновенных значений соответствующих фазных напряжений. Т.к. фазные напряжения изменяются по синусоидальному значению с одинаковой частотой, то линейные напряжения тоже будут изменяться синусоидально и можно сказать, что вектор линейного напряжения равен разности векторов соответствующих фазных напряжений:

$$\begin{aligned}
 e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\
 e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\
 e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\
 e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\
 e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)
 \end{aligned}$$

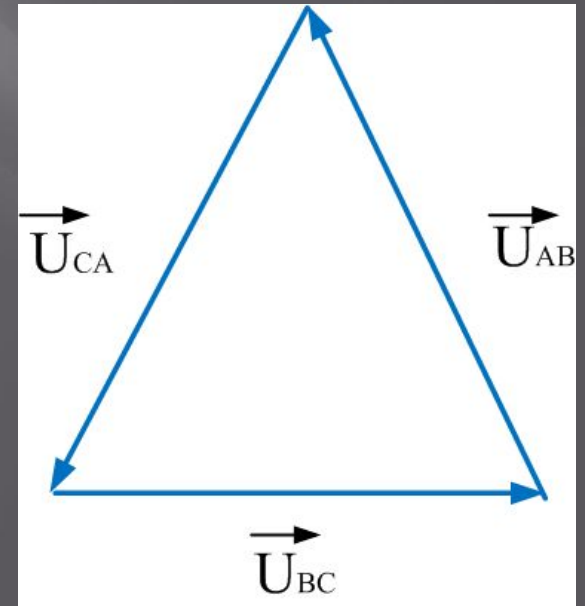


## 2) Соединение треугольником



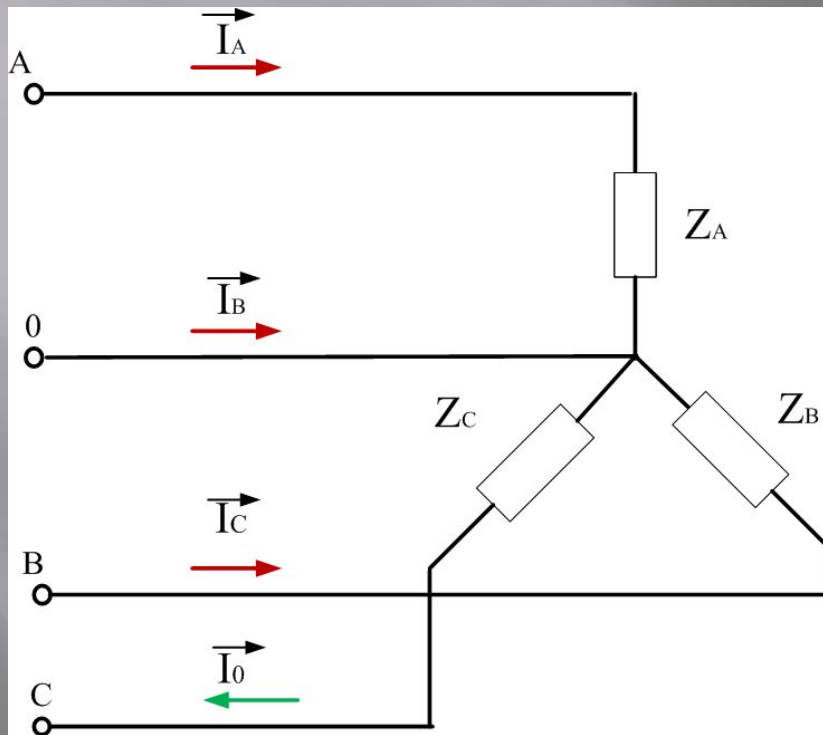
$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

При соединении обмоток треугольником конец каждой предыдущей обмотки соединяется с началом последующей. От начал фаз A, B, C отходят три линейных провода.



# Существует два способа соединения трехфазных потребителей:

## 1) Соединение звездой

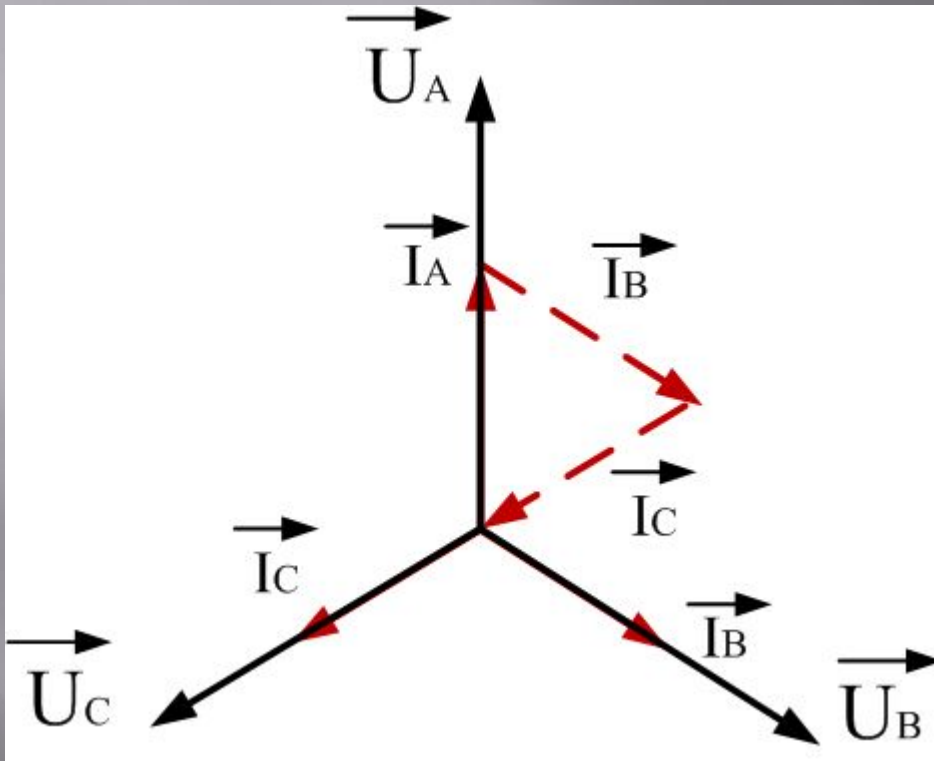


При соединении приемников звездой трехфазная система может быть **четырёхпроводная** (с нулевым проводом) или **трехпроводная** (без нулевого провода).

$$e_A = E_m \cdot \sin \omega t$$
$$e_B = E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3)$$
$$e_C = E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)$$



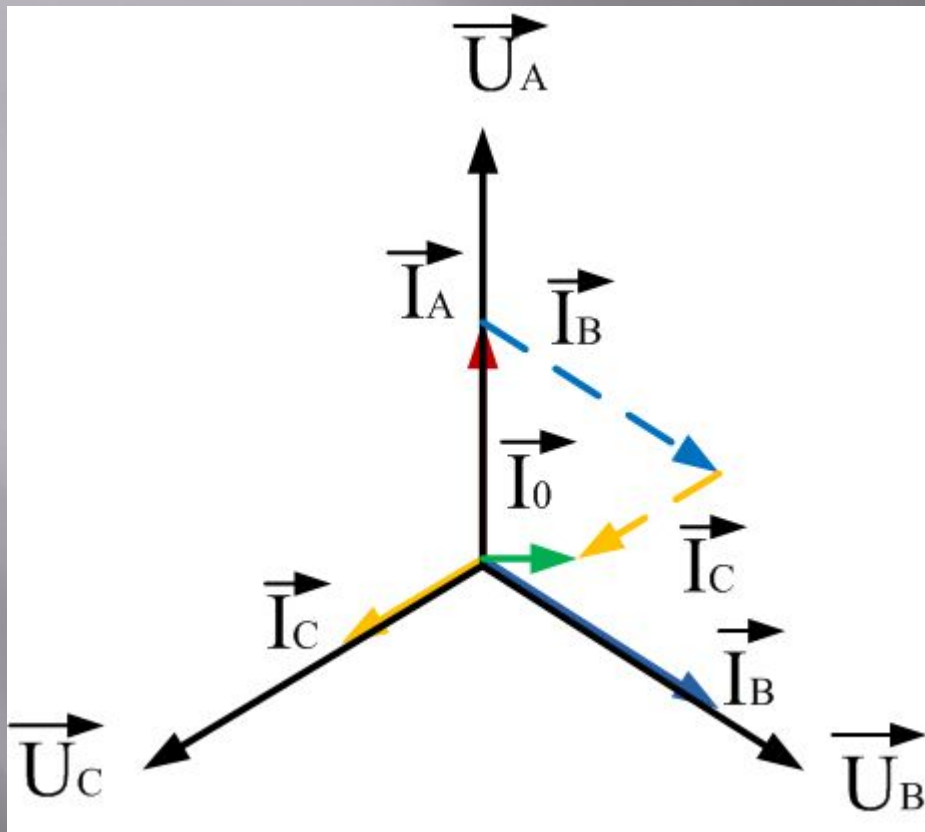
## А) Симметричная нагрузка фаз – сопротивления нагрузки фаз равны по величине и одинаковы по характеру



$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

В этом случае токи всех трех фаз будут равны по величине и сдвинуты по фазе друг относительно друга на  $120^\circ$ . Ток в нулевом проводе, как видно из векторной диаграммы, будет равен нулю. В этом случае нулевой провод не нужен.

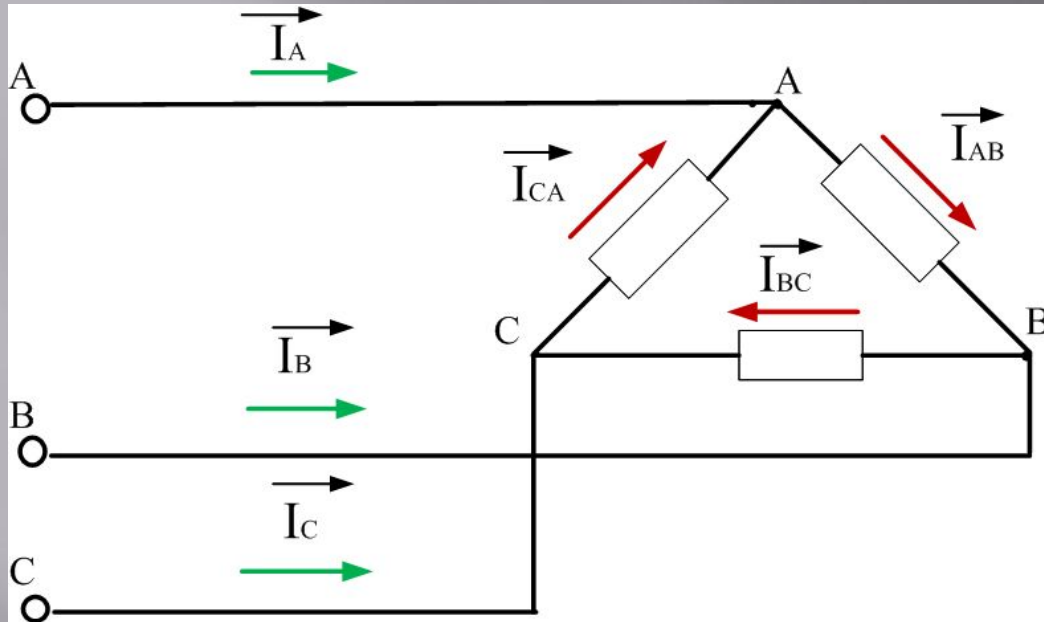
## Б) Несимметричная нагрузка фаз - сопротивления нагрузки фаз могут различаться как по величине, так и по характеру.



$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

В этом случае токи фаз будут иметь разную величину, и угол сдвига фаз между ними будет отличен от  $120^\circ$ . Поэтому при несимметричной нагрузке в нулевом проводе появляется ток, равный геометрической сумме векторов фазных токов. При этом нулевой провод обеспечивает равенство фазных напряжений электроприемников. Обрыв нулевого провода при несимметричной нагрузке приведет к тому, что на одних фазах напряжение уменьшится, а на других возрастет. Это является аварийной ситуацией. Поэтому во избежание разрыва нулевого провода в нем не устанавливают предохранители и выключатели.

## 2) Соединение треугольником

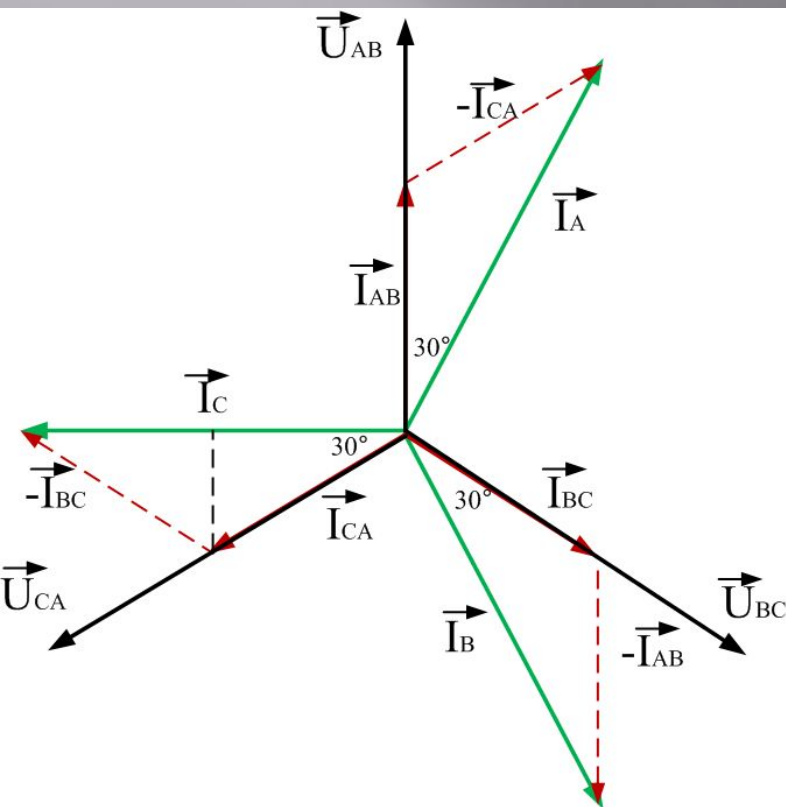


$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

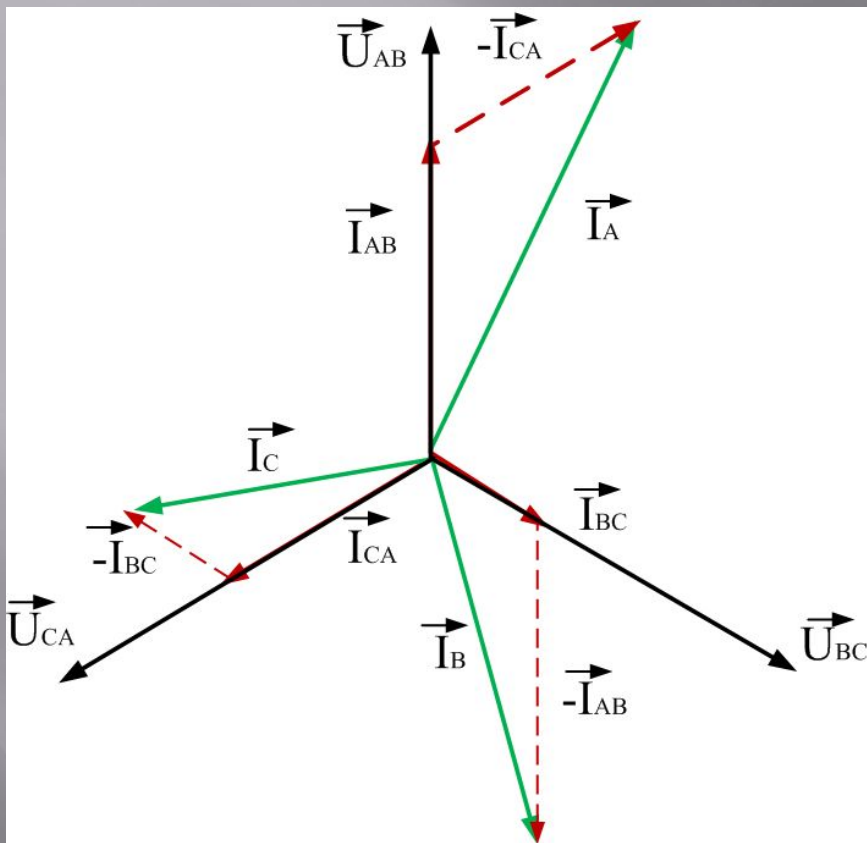
# А) Симметричная нагрузка фаз – сопротивления нагрузки фаз равны по величине и одинаковы по характеру



$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e_A &= E_m \cdot \sin \omega t \\e_B &= E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3) \\e_C &= E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)\end{aligned}$$

## Б) Несимметричная нагрузка фаз - сопротивления нагрузки фаз могут различаться как по величине, так и по характеру.



$$e_A = E_m \cdot \sin \omega t$$
$$e_B = E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3)$$
$$e_C = E_m \cdot \sin(\omega t + 2\pi/3)$$

При **несимметричной** нагрузке фазные токи не равны по величине и имеют разные углы сдвига фаз. Поэтому линейные токи можно определить только графически из векторной диаграммы.